

## 新潟県中越地震における雪崩防止柵基礎に関する検討

福田 誠\*<sup>1</sup>・青山清道\*<sup>2</sup>・新関敦生\*<sup>3</sup>・村尾治祐\*<sup>3</sup>・木村智博\*<sup>4</sup>・猪爪高見\*<sup>1</sup>

### A few Considerations of Foundation Failure on Snow Avalanche Defensive Structure due to the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

by

Makoto FUKUDA\*<sup>1</sup>, Kiyomichi AOYAMA\*<sup>2</sup>, Atsuo NIIZEKI\*<sup>3</sup>, Harumasa MURAO\*<sup>3</sup>,  
Tomohiro KIMURA\*<sup>1</sup> and Takami INOTSUME\*<sup>1</sup>

*Keywords* : Snow avalanche defensive structure, fissure, fissility, weather, failure

キーワード : 雪崩防止柵, 亀裂, 剥離, 風化, 崩壊

#### はじめに

2004年10月23日(土)17時56分頃,川口町を震源とするM6.8の新潟県中越地震が発生した.県内では1,000ヶ所以上とも言われる斜面災害がカウントされ,その深刻な状況は報道や各学会の速報(日本建築学会北陸支部編,2004)で示されているとおりである.筆者らは,かねてより積雪寒冷期地震の対策の在り方について提言し(青山清道編,2003),被災地の地盤災害や雪氷災害の調査を現在も行なっている.

本地震による被害が甚大で,12月に入っても千人に近い規模の人が避難生活を余儀なくされている現況から,積雪期を想定した対策の重要性が改めて示されたと言える.本論では特に見落とされがちな雪崩防止柵基礎の被害実態に着目し(Aoyama, et al., 2002; Bhattarai, et al., 2002; 木村・青山, 1999; 中俣・青山編, 1986),向寒の候となっている季節的要因を考慮した場合,道路管理の面でも一刻も早い復旧が課題(青山,私信)となることから,この問題を報告するものである.

写真 1



写真 2

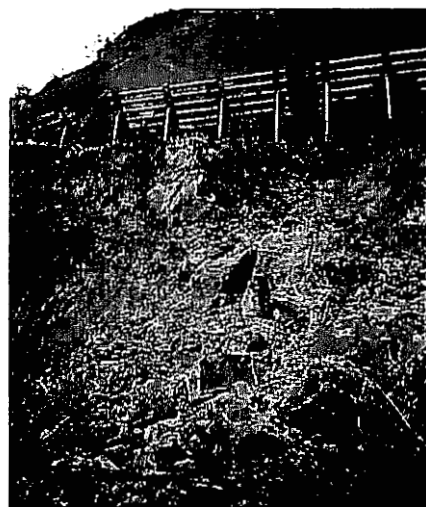


写真-1, 2 信濃川左岸に分布している堆積層が防止柵ポケットや歩道に落下(小千谷市山本)

\*1 長岡工業高等専門学校 \*2 新潟大学積雪地域災害研究センター \*3 村尾治祐 \*4 元 東京大学大学院生

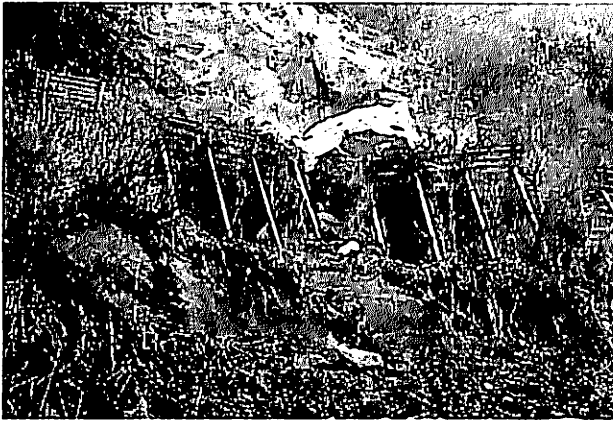


写真3 落石により雪崩防止機能低下 (十日町市中条)

写真4

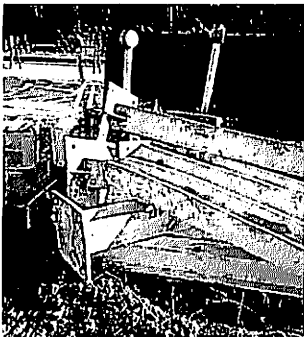


写真5



写真6



写真4～6 泥岩等の風化により雪崩防止基礎部分の支持地盤が崩落した (十日町市焼野)

写真7



写真8



写真9

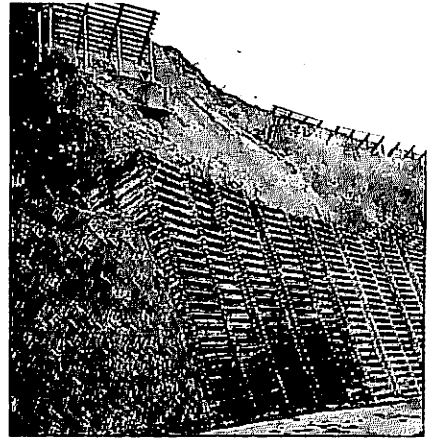


写真7～9 支持地盤の崩落と雪崩防止柵の宙吊りと落下箇所の確認 (十日町市樽沢)

### 被害箇所の状況と原因

地震発生後、直ちに現地入りし、12月に至るまでに数回以上の現地調査を行なった過程で、雪崩防止施設の被害が甚大であったことから、特に被害が集中した小千谷市と十日町市の雪崩防止柵の被害形態と、当地の地質・地形的要因との関連性について考察したものである。

#### 小千谷市山本(小千谷発電所周辺)

新生代第四紀更新世魚沼層で構成され、泥・砂・砂礫の互層が主となっている。その上部に、礫を主体とする比較的新しい地層

(中位段丘堆積物)が分布している(新潟県,2000)。この周辺の魚沼層は、信濃川に侵食され、高い急峻な崖を形成している。当該箇所は、信濃川の攻撃斜面に位置している関係上その様な地形を呈している。

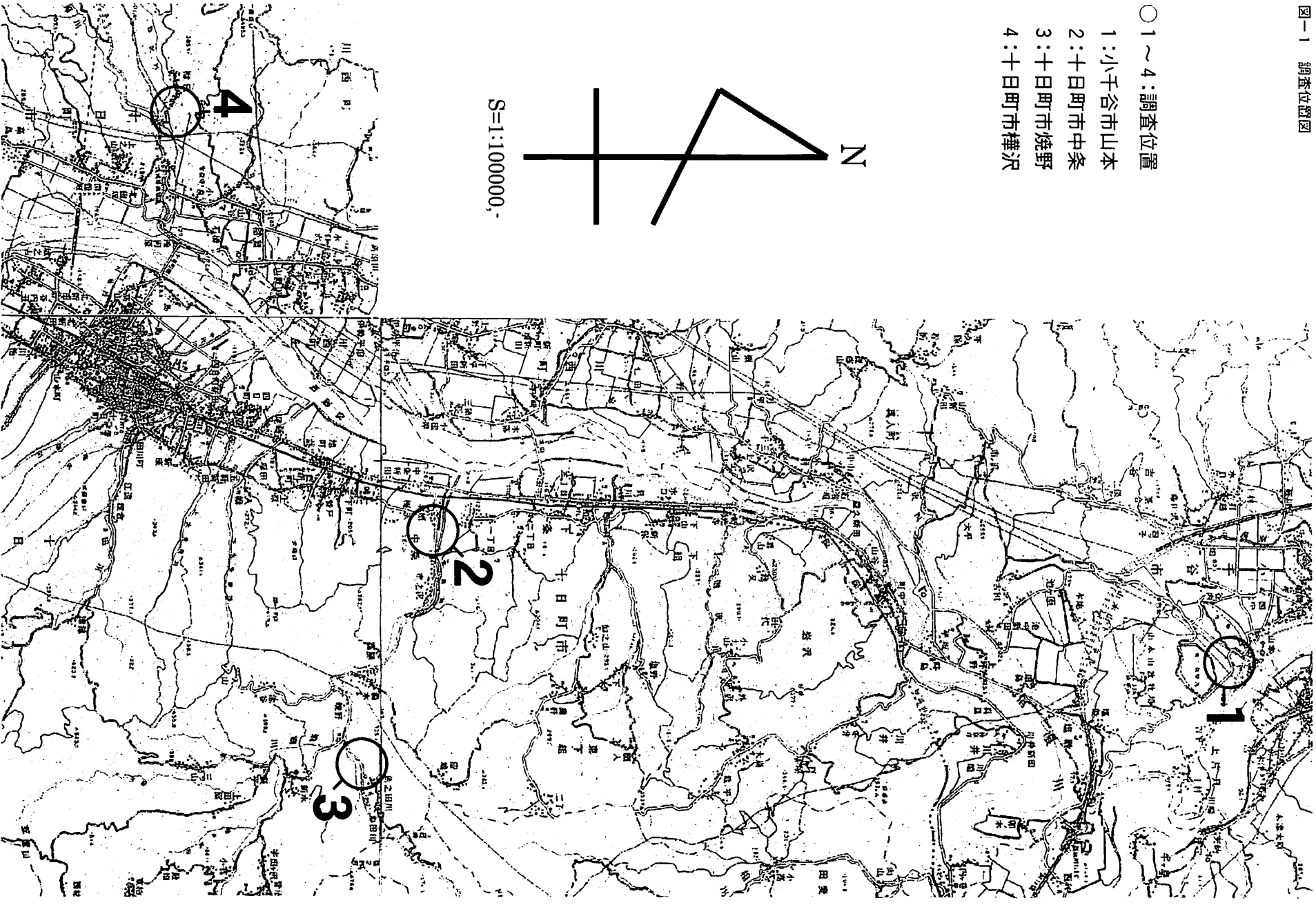
被害状況は、雪崩防止柵に岩塊が崩壊して堆積し、雪崩を受け止める機能を殆ど喪失している。(写真-1,2参照)。

この現象を生じた主な原因は、「剥離現象」である。魚沼層は堆積時代が新しいので、続成作用が少なく地盤内部の固結度が低く(表面積が大)、従って垂直に近く切り立った急崖の自由面に向かって剥離しやすい性質を有している。

剥離を規制するのは、風化作用と継続して発生する崩壊現象と

図一 調査位置図

- 1～4: 調査位置
- 1: 小千谷市山本
- 2: 十日町市中条
- 3: 十日町市焼野
- 4: 十日町市権沢



であり、それに伴う応力開放が不安定度を更に増大するものと推定される。さらに加えて当該地周辺では、降水現象と余震をも含んだ地震動に起因する剥離現象が今後も発生し得る危険な部分が認められる。雪崩防止柵に堆積している岩塊は、その形成過程から扁平な岩塊が多く見られる。泥岩の細粒化、若しくは泥寧化と思われる小崩落によるものと推定された。

#### 十日町市中条(国道252号沿い、至堀之内町)

前述と同じく第四紀更新世魚沼層で構成され、泥・砂・砂礫の互層が主であるが、部分的に浮石質角礫凝灰岩を夾する場所もある。この周辺は、飛渡川によって侵食され、急峻な崖を形成している。飛渡川は西流して、信濃川本流に注ぐ一支流である。

被害状況は、雪崩防止柵に巨岩塊が崩壊して堆積し、雪崩を受け止める機能が殆ど失われている。当該地は南北方向の軸を有する背斜構造の西翼に位置しているため、層理面は緩く西傾斜している。走向は、略、南～北であり、傾斜は、13～15° 西内外である。

当該崖には、現時点でも亀裂の発達が見られる。その意味では不安定な崖である。その亀裂の方向性は縦横高の3方向を示している。3方向の亀裂によって、岩盤が切断され、四角い形状を成し、巨岩塊が自由面に向かって抜け出す現象である。抜け出す時点で最も有効に作用した力が、今回の場合は、地震動である。当該崖の自由面と地層の層理面との関係は、交差盤を成している。(注. 流れ盤・受け盤・交差盤)流れ盤等と比して、交差盤は、巨岩塊抜け出しという視点からは有利な条件である。この周辺の雪崩防止柵に堆積している巨岩塊はその形成過程から、四角い岩塊が多い。(写真3参照)。

#### 十日町市焼野(十日町市中条より堀之内町寄り)

前述で指摘した事項と同様、地質的には新生代魚沼層であり、泥・砂・砂礫の互層が主である。南北方向の背斜構造軸の近辺に位置している関係上、地層中に発生する亀裂の数が多くなっていくので、当該地は、他所と比較すると風化作用が進んでいる。そういう関係で当該地の南側には地すべり地形が発達している。また、当該斜面は南向きの急崖である。地層の傾斜は南北方向の背斜軸を中心にして、西落ちと東落ちとを呈しているが、共に、10° 内外のゆるい値である。

しかし、この周辺は、地すべり多発地帯なので、走向傾斜を考慮する場合には、慎重にすべきである。

被害状況は、7基の雪崩防止柵が破壊され、使用不能になったため撤去されている(写真4～6参照)。

その急崖は前述の理由により比較的風化が進んでいる。急崖の中央部に、斜面崩壊の痕跡が認められ、その周辺の防止柵が基礎の浮き上がりにより破壊されたと思われる。斜面崩壊そのものは、表層崩壊の形態に近いと考えられる。つまり雪崩防止柵破壊の原因は、風化作用の進行に伴って発生した、斜面崩壊によるものである。

#### 十日町市樽沢(国道253号至近)

いずれの被害箇所とも新生代第四紀更新世魚沼層で、礫・砂・シルトの互層で成っている。南北方向の背斜軸の東翼に位置して

いる。地形的な上部に、更新世の中位段丘堆積物が載っている。当該地は樽沢川によって侵食された、南向きの急峻な崖である。

被害状況は、雪崩防止柵の基礎部が崩落し、基礎の一部が宙吊り状態になり、極めて不安定な形態となっていたり、防止柵全体が落下したりしている。急崖の上方に分布している、中位段丘堆積物中の安山岩礫が落下し、雪崩防止柵裏に堆積している箇所もある。その為段丘堆積物部分にロックネットの応急処置を施している。(写真7～9参照)。

この周辺では原則として、急崖部分に浅く根入れをして雪崩防止柵を造っている。風化した魚沼層が地震動により剥落し、根入れ下部が三角形に落下したものである。宙吊りになった防止柵は多雪とスレーキングから冬季間の雪荷重に耐えられない状況と判断される。その事由として、雪崩防止柵基礎の三分の一から二分の一程度が宙吊りになっていることによる。雪崩防止柵基礎位置と基礎形式との選定に再考の余地がある。降雪を迎えて速やかな応急対策が望まれる所以であり、斜面植生の崩れも雪崩発生の危険性に拍車をかけることが予想される。

#### まとめ

今回の地震では雪崩防止柵の基礎地盤である魚沼層の風化とスレーキング現象による被害箇所が目立ち、雪崩防止柵の上に落下した土砂・岩塊が堆積して雪崩防止機能が低下した事例が顕著に見られた。さらに地震で斜面の樹木が崩落し、裸地化した斜面に19年ぶりの大雪が降ったため例年以上に雪崩発生の危険が高まっている。こうした状況について、典型的な被害例を写真で示すことにする(写真10～13参照)。

上記4例は、共に魚沼層中に発生した事例である。魚沼層の堆積時期は、新生代第四紀更新世(Cenozoic Quaternary Pleistocene)と考えられる。魚沼層は、南北の方向性を持って、平行に延びている。東頸城丘陵と魚沼丘陵との両丘陵に渡って分布している。更には、越後平野の地下等にも分布している。魚沼層を2層から4層に区分する考え方もあり、整合～不整合～指交関係の議論もあるが、これらの成因論的な考え方は、今回は重要視しない。唯地層全体が低固結であることや、亀裂の発達状況や風化作用の進行状況等のいわゆる物性を重要視している。つまり物性が原因になって、前述の如き雪崩防止柵の破壊～機能低下の諸形式が発生するからである。現在、岩石～土質試験を実施しているので、後日更に明確になると考えている。

結論は以下の如くである。

##### ①機能喪失形態

基礎破壊から斜面崩壊等に起因した構造物自体の破壊。土砂・岩石による柵の埋没。

##### ②機能喪失原因

剥離現象(応力解放に伴う剥離・風化による剥離)亀裂規制(縦横高さ3方向亀裂に規制された抜出)風化作用進行に伴う崩壊(背斜軸周辺等)支持力不足に伴う基礎破壊(基礎部落下)。

ここに示した写真群から、道路面へ土砂が崩落する危険が高まっている事が理解される。と同時に雪崩防止柵のポケットに上部の土砂・岩塊が落下し、雪崩防止機能が低下している事も理解される。今後の余震と降積雪等により更なる支持地盤の脆弱化する危険性もある事が理解されたと思う。

写真10



写真11



写真10, 11 地震により裸地化した所から全層雪崩が発生した(十日町市中条 2005年2月19日撮影)

写真12



写真13



写真12, 13 地震により裸地化した所から全層雪崩が発生したため国道252号線を通行止めにして、雪堤をつくっている(十日町市焼野 2005年2月19日撮影)

## 文 献

Aoyama, K., Bhattarai, P., Fukuda, M., Oku, J., and Sakai, T. (2002): Geo-environmental Problem of Snow Avalanche Defensive Structures in Mudstone Zones, Niigata Prefecture, Japan. *Journal of Nepal Geological Society*, Vol. 27, 159-164.

青山清道編(2003): 積雪寒冷地域における地震防災対策の確立に向けた研究. 財団法人日本積雪連合.

青山清道: 雪崩子防柵にも被害, 毎日新聞朝刊, 2004年11月25日, 11版, 24面

Bhattarai, P., Aoyama, K., Fukuda, M. (2002): Foundation Failure Consideration on Snow Avalanche Defensive Structures at Mudstone Zones in Niigata Prefecture. *Journal of Snow Eng of*

Japan, Vol. 18 No3, 80-83.

木村智博, 青山清道(1999): 豪雪地帯の地震防災マネジメントの方向性. *土と基礎*, Vol. 47, No. 1, 13-34.

中俣三郎, 青山清道 編(1988): 積雪地方における雪崩防止施設の構造研究. 財団法人日本積雪連合, 資料No. 140, 105p.

日本建築学会北陸支部 編(2004): 2004年10月23日新潟県中越地震の災害調査速報. 18-27.

新潟県編(2000): 新潟県地質図・説明書(2000年版).

(原稿提出, 2005年1月11日)

参考資料

新潟県道路管理課、治山課、砂防課による雪崩予防柵の被害状況を、表-1に示す。この他に、旧山古志村で治山課担当の雪崩予防柵41基(2004年11月末日現在)の被害が確認されている。

表-1 新潟県中越地震による雪崩予防柵の被害状況  
1-1 新潟県道路管理課担当箇所(平成16年12月22日現在)

地域機関名	道路種別	雪崩予防柵 設置基数 (基) a	雪崩予防柵 被害基数 (基) c	被災予防柵 割合 (%) d=c/a	被災項目内訳				
					全 壊	基礎のみ	崩土堆積	計	
長岡地域整備部	補助国道	611	41	6.7%	36	1	4	41	
	主要地方道	590	129	21.9%	45	27	57	129	
	一般県道	279	29	10.4%	16	12	1	29	
	小 計	1,480	199	13.4%	97	40	62	199	
	与板維持管理事務所	補助国道	24	0	0.0%	0	0	0	0
		主要地方道	-	-	-	-	-	-	-
		一般県道	15	0	0.0%	0	0	0	0
		小 計	39	0	0.0%	0	0	0	0
	小千谷維持管理事務所	補助国道	97	17	17.5%	4	3	10	17
		主要地方道	497	27	5.4%	10	5	12	27
		一般県道	411	6	1.5%	1	5	0	6
		小 計	1,005	50	5.0%	15	13	22	50
小出地域整備部	補助国道	655	14	2.1%	3	1	10	14	
	主要地方道	296	0	0.0%	0	0	0	0	
	一般県道	968	15	1.5%	0	0	15	15	
	小 計	1,919	29	1.5%	3	1	25	29	
十日町地域整備部	補助国道	1,417	26	1.8%	7	0	19	26	
	主要地方道	249	18	7.2%	0	1	17	18	
	一般県道	659	47	7.1%	1	0	46	47	
	小 計	2,325	91	3.9%	8	1	82	91	
柏崎地域整備部	補助国道	288	1	0.3%	0	0	1	1	
	主要地方道	366	7	1.9%	0	2	5	7	
	一般県道	408	7	1.7%	0	0	7	7	
	小 計	1,062	15	1.4%	0	2	13	15	
合 計	補助国道	3,092	99	3.2%	50	5	44	99	
	主要地方道	1,998	181	9.1%	55	35	91	181	
	一般県道	2,740	104	3.8%	18	17	69	104	
	小 計	7,830	384	4.9%	123	57	204	384	

1-2 新潟県治山課担当箇所(2004年12月14日現在)

地域機関	地区名	市町村名	被災状況	
			施設破損	土砂堆積
長 岡	大 野	栃尾市		予防柵7基
	天下島	栃尾市		予防柵5基
	間内平	山古志村		予防柵3基
小 出	日 影	旧堀之内町		予防柵2基
十 日 町	樽 沢 1	十日町市		
	津 池	十日町市	予防柵2基	予防柵5基
柏 崎	小国沢	小国町		予防柵3基
合 計	7地区		予防柵2基	予防柵25基

1-3 新潟県砂防課担当箇所(2005年5月31日現在)

発生日	箇所名			災害種別	災害形態	被害状況
	郡・市	町・村	大字			
1月4日	長岡市	小国	法末	融雪	新生山腹崩壊	柵 1
4月3日	十日町市		六箇	雪崩	全層雪崩	柵 2
4月20日	柏崎市	高柳	荻ノ島	融雪	新生山腹崩壊	柵工 6
5月7日	中魚沼郡	津南町	中深見	融雪	新生山腹崩壊	柵工 1